

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Приладобудівний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра приладів і систем орієнтації та навігації

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Бурау Н.І.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

« _____ »

2019 р.

Дипломний проект

освітньо-кваліфікаційного рівня « бакалавр »
(назва ОКР)

з напрямку підготовки (спеціальності) 6.051003 «Приладобудування»
(код та назва напрямку підготовки або спеціальності)

на тему: Аналітичний компас

Виконав: студент IV курсу, групи ПГ-51
(шифр групи)

Григор'єв Артем Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник к. т. н., доцент, Павловський О.М.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 рік

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет _____ приладобудівний _____
(повна назва)

Кафедра _____ приладів і систем орієнтації і навігації _____
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність (спеціалізація) 05100303 Прилади і системи орієнтації та навігації
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ (підпис) _____ (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проект (роботу) студенту**

Григор'єву Артему Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) _____ GPS – трекер _____

керівник проекту (роботи) _____ к.т.н., доц. Павловський О.М. _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від _____ « ____ » _____ 20__ р. № _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____ прилад має містити GPS – модуль, відображення інформації на екран приладу та можливість передачі на даних на ПК.

4. Зміст пояснювальної записки 1. Вступ. 2. Огляд існуючих глобальних навігаційних систем 3. Огляд методів позиціювання об'єктів. 4. Огляд існуючих пристроїв. 5. Розробка макету приладу . 6. Розробка програмного забезпечення. 7. Випробування приладу. 8. Висновки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) 1. Складальне креслення. 2. Електрична схема. 3. Принципова схема.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка

Студент

(підпис)

Григорє'в А.С.

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Павловський О.М.

(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Автор: Григор'єв А.С.

Тема дипломного проекту: «GPS - трекер».

Дипломний проект складається з пояснювальної записки – 52 сторінок, креслення А1 – 1, плакатів А2 – 2. Кількість джерел за переліком посилань – 9.

Мета роботи – спроектувати та сконструювати макет GPS – трекера. Отримати дані про місце знаходження приладу.

В дипломному проекті:

- розглянуто існуючі глобальні навігаційні супутникові системи;
- методи позиціювання об'єктів у просторі;
- наведені характеристики використаємо апаратури;
- приведено алгоритм роботи пристроїв позиціювання;
- наведені характеристики існуючих трекерів;
- розроблено корпус макету пристрою;
- виготовлено корпус макету пристрою
- проведено випробування приладу;

Основою трекера було обрано GPS – модуль Ublox Neo 7m та плату Arduino nano 328p.

ANNOTATION

Author: Grigoriev AS

Theme of the diploma project: "GPS - tracker".

The diploma project consists of an explanatory note - 52 pages, drawings A1 - 1, posters A2 - 2. Number of sources by the list of references - 9.

The purpose of the work is to design and construct a GPS tracker layout. Get the location of the device.

In the diploma project:

- Existing global satellite navigation systems are considered;
- methods of positioning objects in space;
- the above characteristics we use the equipment;
- the algorithm of the positioning devices is shown;
- characteristics of existing trackers are given;
- The case layout of the device is developed;
- the case of the layout of the device is made
- test of the device;

The basis of the tracker was chosen GPS - the module Ublox Neo 7m and board Arduino nano 328p.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень та сполучень	9
ВСТУП	11
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ СУПУТНИКОВОГО ТА ПРОСТОРОВОГО ПОЗИЦІЮВАННЯ	13
1.1. Існуючі супутникові системи	13
1.1.1 Система NAVSTAR GPS	13
1.1.2. Система ГЛОНАСС	14
1.1.3. Система BeiDou.....	15
1.1.4. Система GALILEO	16
1.2 Принципи визначення координат об'єкта	17
1.2.1 Позиціонування в стільникових мережах	17
1.2.2. WIFI-позиціонування.....	17
1.2.3. Метод триангуляції.....	19
1.2.3. Метод диференціації просторових зразків.....	21
1.2.4. Системи позиціонування з використанням пасивних радіочастотних ідентифікаторів	22
1.2.5. Системи позиціонування з використанням активних RFID	23
1.2.6. Інфрачервоне позиціонування	23
1.2.7. Ультразвукове позиціонування	24
1.2.8. Радіочастотне позиціонування технології «ближнього поля»	24
1.2.9. ГНСС Позиціонування	25
1.3. Опис існуючих пристроїв позиціонування.....	27
1.3.1. GPS-трекер iBag "Dakar"	27
1.3.2. GPS-трекер eQuGPS Track Slim.....	28
1.3.3. GPS-трекер Teltonika TMT2.....	29
1.3.4. GPS-трекер BITREK BI 310 CICADA.....	30
РОЗДІЛ 2. СТВОРЕННЯ МАКЕТУ GPS-ТРЕКЕРА	32
2.1 Вибір апаратної частини	32
2.1.1. Вибір мікроконтролера.....	32
2.1.2 Вибір GPS- модуля	33

2.1.2. Вибір живлення приладу	34
2.2 Збірка модулів	39
2.2.1. Віртуальна схема пристрою	39
2.2.2. Підключення GPS- модуля	40
2.2.3. Підключення дисплею	40
2.2.4. Автономне живлення трекера	41
2.3 Програмування мікроконтролера	43
2.3.1. Бібліотеки для роботи з модулями	43
2.3.2. Отримання даних з пристрою	44
2.4 Корпусу трекера	46
2.4.1 Розробка корпусу пристрою	46
2.4.2. 3Д-друк корпусу пристрою	48
2.5 Збірка трекера	53
2.5.1. Розміщення допоміжних модулів	53
2.5.2. Встановлення апаратної частини у корпус	53
2.6 Випробування приладу	54
ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	58
ДОДАТКИ	59
Додаток 1. Лістинг коду прошивки	59

Перелік умовних скорочень та сполучень

ГНСС – Глобальні Навігаційні Супутникові Системи;

ГНСП – Глобальні Навігаційні Системи Позиціювання;

ІЧ – Інфрачервоний;

КПК – Кишеньковий Персональний Комп'ютер;

ПК – Персональний Комп'ютер;

МЕМС – Мікро електромеханічні системи;

САПР – програми призначені для автоматизації двовимірного і тривимірного геометричного проектування, створення конструкторської та технологічної документації;

СКУД – системах контролю і управління доступом;

СПРН – Система Попередження Ракетного Нападу;

УЗД – Ультразвукове дослідження;

AoA – Angle of Arrival;

CAD – Computer-Aided Design/Drafting;

CSS – Cascading Style Sheets;

GPRS – General Packet Radio Service;

GPS – Global Positioning System;

GSM – Groupe Special Mobile;

LBS – Location-Based Service;

LDS – Location-Dependent Service;

MLS – Mobile Location Service;

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

MAC – Media Access Control;

PRS – Probe Response;

PRT – Probe Request;

PT – Probe Timer;

RFID – Radio Frequency Identification;

RSSI – Received Signal Strength Indicator;

RTLS – Real-time Locating Systems;

SIM – Subscriber Identification Module;

SDS – TWR - Symmetrical Double-Sided Two Way Ranging;

ToA – Time of Arrival;

ToF – Time of Flight;

USB – Universal Serial Bus;

UWB – Ultra Wideband;

VS – Visible Sat;

Wi-Fi – Wireless Fidelity.

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

GPS-трекер являє собою стаціонарний прилад, який стає частиною бортового навігаційного обладнання. Він призначений для прийому і передачі інформації про місцезнаходження, швидкості і траєкторії руху об'єкта в режимі реального часу. Застосування GPS трекера актуально для будь-яких видів стеження об'єктів і суб'єктів. Такий пристрій використовується для моніторингу за перевезення пасажирів і вантажів, в службах інкасації, охорони, поштової доставки, в особистих цілях, доглядом за дітьми, допомоги і порятунку. Крім того, наявність трекера в авто дає можливість відстежити його місцезнаходження в разі викрадення, а також виявити неналежне використання автомобіля в особистих цілях водіїв.

Необхідність визначати місце розташування людей і різних рухомих об'єктів привела до появи такого пристрою як GPS-трекер. В результаті на сьогоднішній день будь-яка зацікавлена людина може бути в курсі подій, які відбуваються з його близькими людьми або співробітниками, а також легко дізнаватися про місцезнаходження автомобілів та іншого транспорту. Робота даного пристрою заснована на взаємодії GPS-датчика з системою супутникової навігації. У наш час усього існує всього 4 глобальні навігаційні супутникові системи (ГНСС) та 2 регіональні навігаційні супутникові системи. Власниками глобальних навігаційних систем є такі країни як: США, Росія, Китай та Європейський союз. А власниками регіональних навігаційних супутникових систем є такі країни як: Японія та Індія.

Основою роботи GPS-маячка є використання двох різних модулів зв'язку - GPS і GPRS. Система GPS покриває близько 99% поверхні земної кулі, що дає можливість відстежувати місце розташування трекера практично в будь-якому місці планети. Дані про знаходження і переміщення передаються на приймальний пристрій через канал GPRS. На приймальний пристрій може бути комунікатор, планшетний або персональний комп'ютер, ноутбук, або на віддалений сервер-трекер оснащений резервним живленням,

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк. 11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що дозволяє йому працювати тривалий час в автономному режимі. Крім того, він може поєднувати в собі функції комутаційного пристрою і портативного маяка.

Усі глобальні навігаційні супутникові системи визначають положення об'єкта по однаковій схемі. Враховуючи час доходження сигналу до приймача, що знаходиться у корпусі трекера та час затримки, а також знаходження того чи іншого супутника, можна вирішити задачу навігації. Замір відстаней до кожного наступного супутника підвищує точність позиціонування і сьогодні вона становить від 1 до 3 метрів при стандартній видимості близько 10 навігаційних супутників. Для отримання даних про висоту об'єкту достатньо отримати інформацію с четвертого супутника. Також кожний наступний супутник дає можливість отримати більш точну інформацію про позиціонування об'єкту.

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ СУПУТНИКОВОГО ТА ПРОСТОРОВОГО ПОЗИЦІЮВАННЯ

1.1. Існуючі супутникові системи

1.1.1 Система NAVSTAR GPS

З англійського: Global Positioning System - глобальна система позиціонування. Супутникова система навігації, часто іменована GPS. Дозволяє в будь-якому місці Землі (не включаючи приполярні області), майже при будь-якій погоді, а також в космічному просторі поблизу планети визначити місце розташування і швидкість об'єктів. Система розроблена, реалізована і експлуатується Міністерством оборони США [1,3].

Спочатку GPS - глобальна система позиціонування, розроблялася як чисто військовий проект. Але у 1983 році президент США Рональд Рейган дозволив часткове використання системи навігації для цивільних цілей. Щоб уникнути застосування системи для військових потреб точність була зменшена спеціальним алгоритмом. Потім з'явилася інформація про те, що деякі компанії розшифрували алгоритм зменшення точності на частоті L1 і з успіхом компенсують цю складову помилки. У 2000 р це загрублення точності було скасовано указом президента США.

Незважаючи на те, що спочатку проект GPS був направлений на військові цілі, сьогодні GPS все частіше використовуються в цивільних цілях. GPS-приймачі продають в багатьох магазинах, що торгують електронікою, їх вбудовують в мобільні телефони, смартфони, КПК. Споживачам також пропонуються різні пристрої і програмні продукти, що дозволяють бачити своє місцезнаходження на електронній карті, мають можливість прокладати маршрути з урахуванням дорожніх знаків, дозволених поворотів і навіть пробок, шукати на карті конкретні будинки та вулиці, пам'ятки, кафе, лікарні, автозаправки та інші об'єкти інфраструктури [1].

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таб.1.1 Основні характеристики ГНСС GPS

Кількість штатних космічних апаратів	32
Висота орбіти	20 200 км
Кількість площин	6
Велика піввісь	26 560 км
Період	11 год. 58 хв.
Кут нахилу	55°

1.1.2. Система ГЛОНАСС

Глобальна навігаційна супутникова система (ГЛОНАСС) - російська супутникова система навігації [2]. Система ГЛОНАСС, що мала спочатку військове призначення, була запущена одночасно з системою попередження про ракетний напад (СПРН) в 1982 році для оперативного навігаційно-часового забезпечення необмеженого числа користувачів наземного, морського, повітряного і космічного базування. Додатково система транслює цивільні сигнали, доступні в будь-якій точці земної кулі, надаючи навігаційні послуги на безоплатній основі та без обмежень [2,3].

Основою системи є 24 супутники, що рухаються над поверхнею Землі в трьох орбітальних площинах з нахилом орбітальних площин $64,8^\circ$ і висотою орбіт 19 100 км. Принцип вимірювання аналогічний американській системі навігації NAVSTAR GPS. Основна відмінність від системи GPS в тому, що супутники ГЛОНАСС в своєму орбітальному русі не мають резонансу (синхронності) з обертанням Землі, що забезпечує їм більшу стабільність [3]. Основні характеристики ГНСС наведено в таблиці 1.2.

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таб.1.2 Основні характеристики ГНСС ГЛОНАСС

Кількість штатних космічних апаратів	24
Висота орбіти	19 100 км
Кількість площин	3
Велика піввісь	25 420 км
Період	11 год. 15 хв. 44 с.
Кут нахилу	64.8°

1.1.3. Система BeiDou

Супутникова навігаційна система «Бейдоу» - китайська супутникова система навігації.

Система була запущена в комерційну експлуатацію 27 грудня 2012 як регіональна система позиціонування, при цьому супутникова угруповання становила 16 супутників. Планується, що на повну потужність система вийде до 2020 року. Китайські представники також відзначили, що ще належить врегулювати питання, що стосуються частотних діапазонів, з російської, американської і європейської сторонами, які також володіють супутниковими навігаційними угрупованнями. А поки китайська система працює на частоті сигналу В1, також зазначеного Євросоюзом як Е2, з частотою 1559,052 - 1591,788 МГц. Обидві сторони досі не досягли остаточної домовленості з питань сумісності своїх майбутніх супутникових навігаційних систем, незважаючи на триваючі з 2009 року переговори з питання накладення спеціальних сигналів системи Compass на спеціальні сигнали PRS системи Galileo (1563-1591 МГц для цивільного сигналу) [3].

Планується, що космічний сегмент навігаційної супутникової системи Бейдоу буде складатися з 5 супутників на геостаціонарній орбіті, 3 супутників на геосинхронної орбіті (з нахилом 55 °) і 27 супутників на середньої навколоземній орбіті (~ 21 500 км) [3].

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.4. Система GALILEO

«Галілео» (Galileo) - спільний проект супутникової системи навігації Європейського союзу і Європейського космічного агентства, є частиною транспортного проекту транс'європейської мережі (англ. Trans-European Networks). Система призначена для вирішення геодезичних і навігаційних завдань. Останнім часом все більше виробників ГССН-обладнання інтегрують в свої супутникові приймачі та антени можливість приймати і обробляти сигнали з супутників «Галілео», цьому сприяє досягнута домовленість про сумісність і взаємного доповнення з системою NAVSTAR GPS [3]. Фінансування проекту буде здійснюватися в тому числі за рахунок продажу ліцензій виробникам приймачів. Основні характеристики ГНСС наведено у таблиці 1.4.

Таб.1.4 Основні характеристики ГНСС GALILEO

Кількість штатних космічних апаратів	27 (+3 резервні)
Висота орбіти	23 222 км
Кількість площин	3
Велика піввісь	29 640 км
Період	14 год. 4 хв. 45с.
Кут нахилу	56°



Рис. 1.1 Логотипи глобальних навігаційних систем

1.2 Принципи визначення координат об'єкта

1.2.1 Позиціонування в стільникових мережах

Всі технології пов'язані з визначенням місця розташування в стільникових мережах називають Mobile Location Service (MLS) [4]. При цьому слід розрізняти послуги з визначення точного положення (координати x , y , location-based service) і сервіси, прив'язані до місцезнаходження користувача (район, область, location-dependent service). У першому випадку це послуги з навігації, отримання актуальної інформації, пов'язаної з координатами, у другому ж знання точних координат не потрібно, система оперує поняттям "район" (location). Для надання послуг пов'язаних зі знанням району, в якому знаходиться користувач, не потрібно ніяких вкладень з боку як оператора, так і користувача. Використовується існуюче обладнання, в тому числі і мобільні телефони. Прикладом подібної послуги можуть служити широкомовні повідомлення, вони змінюються в залежності від місця розташування абонента. По базі даних об'єктів проводиться пошук найближчих, потім в тому чи іншому вигляді вони передаються на телефон користувача [4].

1.2.2. WIFI-позиціонування

Для вирішення завдання позиціонування необхідно мати набір вимірювань RSSI як мінімум, від 3 точок доступу. Точки доступу, вимірювання з яких формують набір, в загальному випадку працюють на трьох різних каналах: перший, шостий і одинадцятий (це пов'язано з роботою стандартів IEEE 802.11)[5]. Якщо не вказано точку доступу передає і не приймає, вона знаходиться в режимі моніторингу свого каналу. Якщо клієнт знаходиться в зоні впевненого прийому однієї точки доступу, то він передає і приймає на одному каналі. Тоді виникає проблема отримання набору вимірювань з трьох різних каналів. Ця проблема продемонстрована на рисунку 1.2.

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

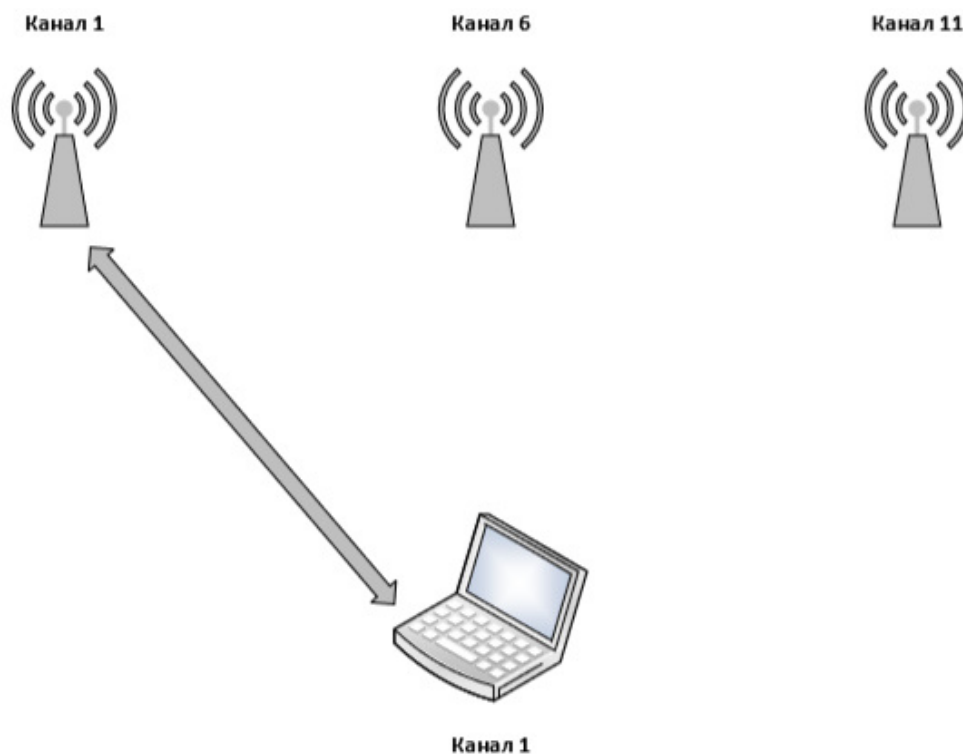


Рис.1.2 Проблема прийому набору вимірів

Поставлену задачу вимірювання набору дозволяє вирішити режим активного сканування: клієнт сканує всі доступні канали, посылаючи пакети Probe Request для виявлення мережі з найбільшим рівнем сигналу.

Клієнт посилає Probe Request на першому каналі і запускає Probe Timer. Величина Probe Timer не стандартизована і в залежності від реалізації драйверів мережевого адаптера може відрізнятися, але в загальному випадку вона становить 10 мс. Протягом цього часу бездротової клієнт обробляє відповіді Probe Response від точки доступу. Далі переходить на наступний канал, і процес повторюється для всіх каналів, після чого клієнт вирішує, до якої точки доступу підключитися [5-6,13]. Принцип роботи активного сканування представлений на рис. 1.3

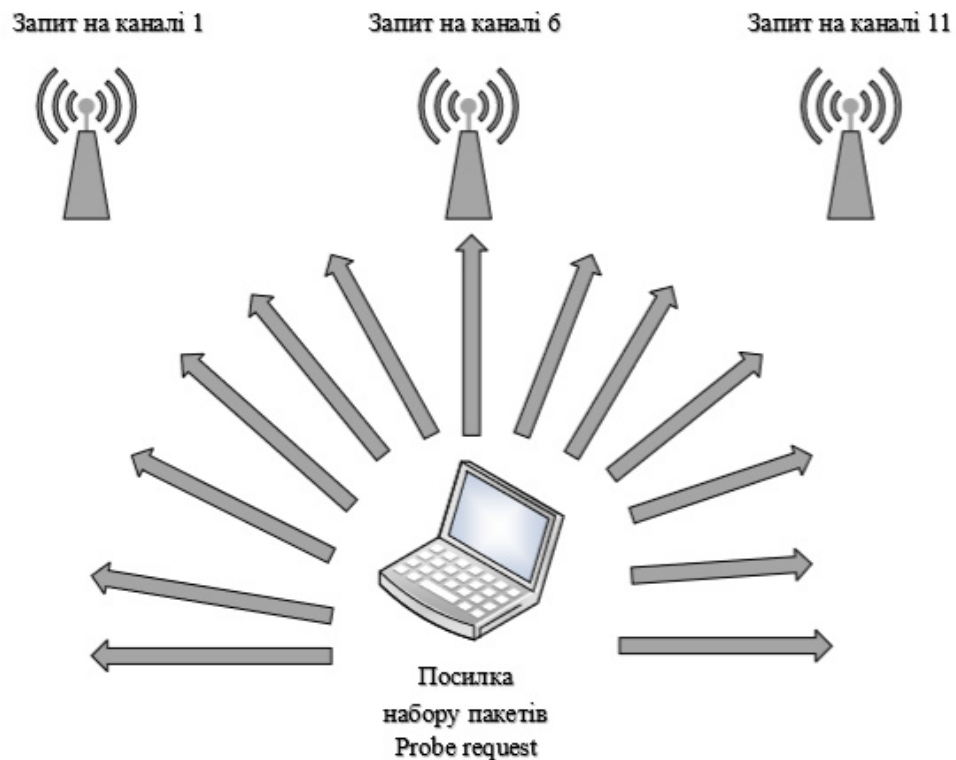


Рис.1.3 Режим активного сканування

1.2.3. Метод триангуляції

Алгоритм триангуляції - це геометричний підхід, що дозволяє за трьома або більше точками доступу позиціонувати клієнта. Він заснований на обчисленні відстаней між клієнтом і, як мінімум, трьома крапками доступу. Відстань можна вирахувати по формулі [7]:

$$\frac{P_t}{P_r} = \frac{(4\pi R)}{G_t G_r \lambda^2},$$

де P_t - потужність сигналу передавальної антени; P_r - потужність сигналу, що надходить на антену приймача; λ - довжина хвилі несучої, рівна c/f , де c - швидкість світла, а f - центральна частота, яка визначається за табл. 3; G_t - коефіцієнт посилення потужності сигналу на передавальній сигнал антени; G_r - коефіцієнт посилення потужності сигналу на приймаючої сигнал антени; R - відстань, пройдену сигналом між двома антенами [7].

Потужність випромінювача можна знайти, знаючи виробника точки доступу, а потужність виробника точки доступу виходить шляхом зіставлення їх з OUI MAC-адресів, зарезервованого для кожного виробника. Для того щоб

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк. 19
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

працював алгоритм тріангуляції в частині масштабування, необхідно мати базу даних з OUI MAC-адреса, закріпленими за виробниками. Ознайомитися з OUI MAC-адресами популярних виробників можна в таблиці 1.5.

Табл. 1.5 Приклади OUI MAC-адресів різних виробників

Виробник	OUI MAC-адрес
TP-LINK TECHNOLOGIES CO, LTD	E0-05-C5, A0-F3-C1,8C-21-0A, EC-17-2F, EC-88-8F, 14-CF-92
D-Link Corporatio	00-50-BA, 00-17-9A, 1C-BD-B9 90-94-E4
ZyXEL Communications Corporatio	E8-37-7A, 04-BF-6D, 00-A0-C5 10-7B-EF, 60-31-97
NETGEAR	00-09-5B,00-0F-B5, 80-37-7

Після обчислення відстані між точками доступу координати клієнта визначаються шляхом розв'язання системи лінійних рівнянь [7]:

$$\begin{cases} (X - X_1)^2 + (Y - Y_1)^2 = R_1^2, \\ (X - X_2)^2 + (Y - Y_2)^2 = R_2^2, \\ \dots \\ (X - X_n)^2 + (Y - Y_n)^2 = R_n^2. \end{cases}$$

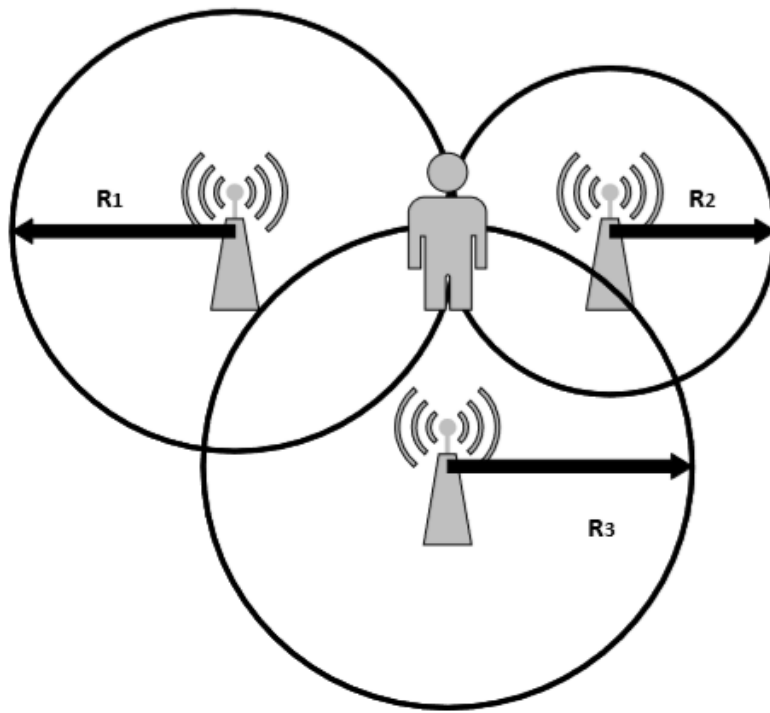


Рис. 1.4 Принцип роботи алгоритму триангуляції

До основних переваг алгоритму можна віднести високу точність і незалежність від попередніх обчислень. Основними недоліками є необхідність ретельного побудови моделі розповсюдження сигналу і необхідність постійної калібрування параметрів середовища, в якій поширюється Wi-Fi-сигнал.

1.2.3. Метод диференціації просторових зразків

Алгоритм зняття відбитків заснований на вимірюванні потужності сигналу від усіх точок доступу і порівняння отриманих значень із зразками вимірювання потужності сигналу в заздалегідь визначених координатах приміщення. Виділяють два етапи в процесі роботи алгоритму [8]:

Перший, вимірювання векторів, що складаються зі значень потужності сигналу від усіх точок доступу. На даному етапі відбувається вимір зразків в різних координатах і збереження їх в базі даних [9].

Другий, визначення місця розташування клієнта. На даному етапі відбувається вимір вектора сигналів від клієнта і наступне порівняння його із зразками, що зберігаються в базі даних [9].

Етапи роботи алгоритму продемонстровано на рисунку 1.5.

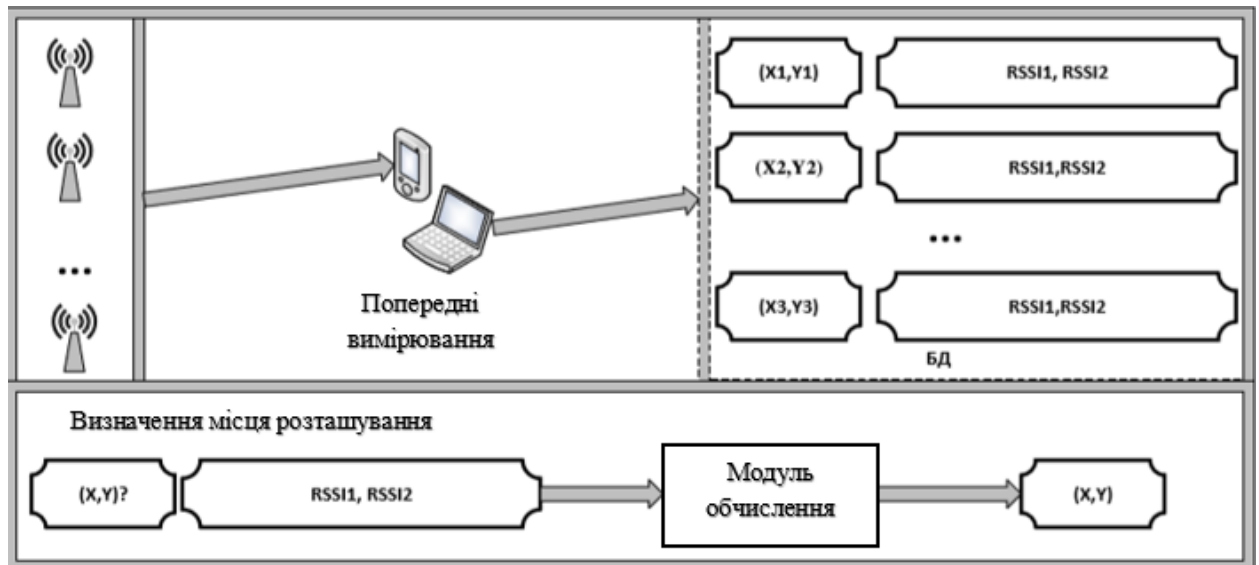


Рис.1.5 Етапи в процесі роботи алгоритму диференціації просторових зразків

До переваг алгоритму відносять високу точність. При досить великій щільності попередніх вимірювань похибка можна звести практично до нуля. Однак з переваг даного методу впливають і його недоліки: необхідність великого обсягу попередніх вимірювань і оновлення їх з урахуванням змін в середовищі [10]. Алгоритми, в яких відсутня стадія попередніх обчислень, показують більш низьку точність.

1.2.4. Системи позиціювання з використанням пасивних радіочастотних ідентифікаторів

Основне призначення систем з пасивними Radio Frequency Identification (RFID) мітками це ідентифікація [11]. Вони застосовуються в системах, які використовують штрих-коди або магнітні картки – в системах розпізнавання товарів і вантажів, впізнання людей, в системах контролю і управління доступом (СКУД). Система включає RFID мітки з унікальними кодами та зчитувачі і працює по наступному принципу. Зчитувач безперервно генерує радіовипромінювання заданої частоти. ЧІП мітки, потрапляючи в зону дії зчитувача, використовує це випромінювання як джерело електроживлення і

передає на зчитувач ідентифікаційний код. Радіус дії зчитувача становить близько метра [11][13].

1.2.5. Системи позиціонування з використанням активних RFID

Активні радіочастотні мітки використовуються при необхідності відстеження предметів на відносно великих відстанях. Робочі частоти активних RFID – 455 МГц, 2,4 ГГц або 5,8 ГГц, а радіус дії – до 100 метрів [12]. Живляться активні мітки від вбудованого акумулятора. Існують активні мітки двох типів:

- транспондери,
- радіомаяки.

Транспондери починають працювати, отримуючи сигнал зчитувача. А радіомаяки використовуються в системах позиціонування реального часу. Радіомаяк відправляє пакети з унікальним ідентифікаційним кодом по команді або із заданою періодичністю. Пакети приймаються як мінімум трьома приймачами, розташованими по периметру контрольованої зони. Відстань від маячка до приймачів з фіксованими координатами визначаються по куту напрямку на маячок Angle of Arrival (AoA), за часом приходу сигналу Time of Arrival (ToA) або за часом поширення сигналу від маячка до приймача Time-of-Flight (ToF) [12][13]. Інфраструктура системи будується на базі провідної мережі і в двох останніх випадках вимагає синхронізації. Більшість радіочастотних систем позиціонування використовують для ідентифікації та позиціонування об'єктів активні RFID [13]. Тому характеристики активних радіочастотних міток, включаючи точність позиціонування і вартість, сильно розрізняються, залежно від конкретного виробника.

1.2.6. Інфрачервоне позиціонування

Мобільна мітка в системі інфрачервоного позиціонування випускає інфрачервоні імпульси, які приймаються приймачами системи, що мають фіксовані координати. Місцезнаходження мітки розраховується по Time-of-Flight (ToF) – часу поширення сигналу від джерела до приймача. Недолік

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

методу – чутливість до перешкод від сонячного світла. Застосування ІЧ лазера підвищує дальність, точність, але на і вартість. Точність позиціонування цим методом 10-30 сантиметрів.

1.2.7. Ультразвукове позиціонування

У системах ультразвукового позиціонування використовуються частоти від 40-130 кГц. Для визначення координат мітки зазвичай вимірюють ToF до чотирьох приймачів. Основний недолік – чутливість до втрат сигналу при наявності (появі) навіть «легких» перешкод, до помилкових ехо-сигналів і перешкод від джерел ультразвуку, наприклад, від ультразвукових дефектоскопів, апаратів ультразвукової очистки на виробництві, УЗД в лікарні. Щоб вилучити ці недоліки, потрібно ретельно планувати систему. Перевага ультразвукових систем – висока точність позиціонування, що досягає трьох сантиметрів.

1.2.8. Радіочастотне позиціонування технології «ближнього поля»

Технологія позиціонування, що використовує мітки-передатчики та декілька приймаючих пристроїв, базується на зсуві фаз між електричною та магнітною складовою електромагнітного поля, змінюючись по мірі віддалення від випромінюючої антени. Оптимальна для вимірювання відстані дистанція між передатчиком та приймачем сягає половини довжини хвилі, відповідно, щоб обумовити достатньо велику дистанцію мітки-передавачі повинні використовувати відносно низькі частоти. Приблизно від 1 МГц до 10 МГц. Довжина хвилі 300 м, оптимальна дистанція до 150 м, при довжині 30 м, оптимальна дистанція 15 м. В залежності від вибору частоти, NFER має потенціал для визначення відстані з діапазоном від 30 см до 300 м. Реальні NFER-системи забезпечують позиціонування з точністю до 0,5-1 метрів на відстані 20-30 метрів.

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.9. GNSS Позиціювання

Як було вище сказано супутникова система навігації являє собою мережу космічних апаратів, які літають по заздалегідь відомим маршрутам, точно дотримуючись своєї орбіти і траєкторію або знаходяться у відомій стаціонарній точці на геостаціонарній або геосинхронній орбіті [14]. Супутники в середньому літають на висоті близько 20 тисяч кілометрів, і кожен представляє з себе надточний атомний годинник, який безперервно транслює на всю планету свій поточний час.

Радіосигнал поширюючись зі швидкістю світла доходить до Землі з затримкою від 60 до 90 мілісекунд, це залежить від віддалення супутника. Знаючи точне розташування джерела радіосигналу по затримці часу його поширення можна дізнатися точну відстань до супутника. І далі по тріангуляції відстаней до декількох відомих об'єктів можна дізнатися де об'єкт знаходиться в просторі. Кількісна оцінка відстаней до кожного наступного супутника підвищує точність позиціонування об'єкта і сьогодні вона становить від 1 до 3 метрів при стандартній видимості, близько 10 навігаційних супутників[13].

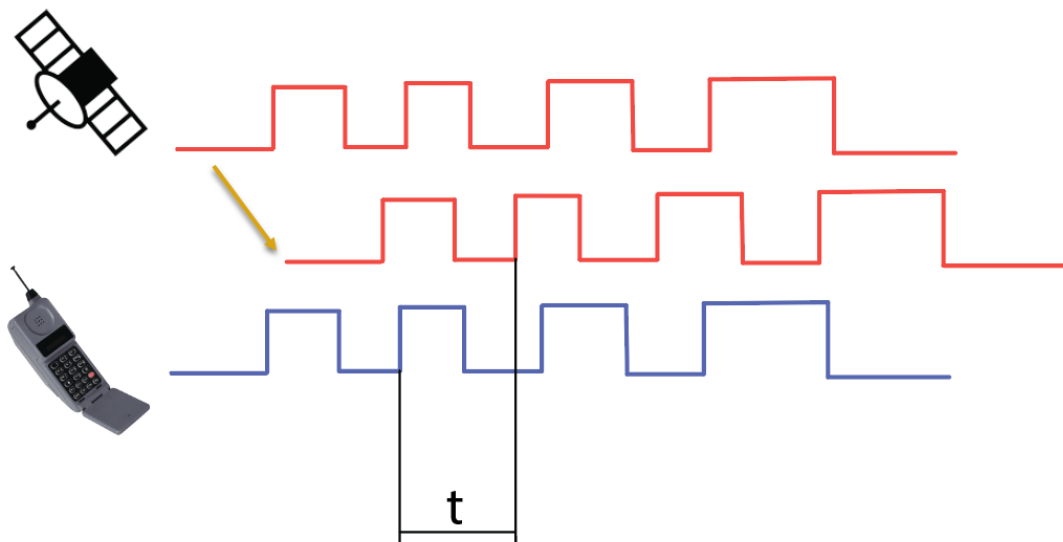


Рис.1.6 Час проходження радіосигналу

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк. 25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для точного визначення часу проходження сигналу годинник GPS приймача і супутника повинні бути максимально синхронізовані, відхилення навіть на кілька мікросекунд призводить до похибки вимірювання в десятки кілометрів. На супутнику для цих цілей є високоточний атомний годинник. Встановити аналогічні годинники в GPS приймач неможливо, тому використовуються звичайні годинники реального часу. Для синхронізації часу використовуються додаткові сигнали, як мінімум з ще одного супутника.

На практиці при хорошій видимості небосхилу GPS приймачі отримують сигнали відразу від безлічі супутників (до 10-12), що дозволяє їм синхронізувати годинник і визначати координати з досить високою точністю [14]. Приклад роботи глобальної навігаційної супутникової системи показано на рисунку 1.7.

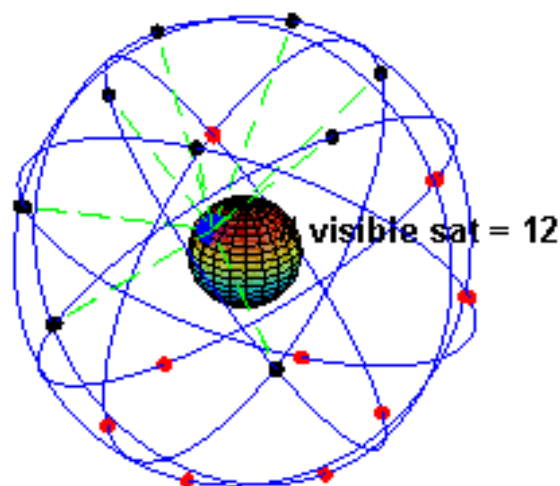


Рис.1.7 Ілюстрація роботи GPS

На рисунку 2.2 показано орбіти супутників системи GPS. Visible sat-число супутників, видимих над горизонтом спостерігача в ідеальних умовах. Ідеальні умови означають повну видимість супутників для приймача. Поряд з послідовністю, по якій визначається час поширення сигналу, кожен супутник передає двійкову інформацію - ефемериди і альманахи.

Ефемериди - уточнену інформацію про орбіті конкретного супутника, передає сигнал, оскільки реальна орбіта супутника може відрізнятися від

розрахункової. Саме точні дані про поточний стан супутників дозволяють GPS приймачу розраховувати щодо них власне місце розташування.

Альманах містить інформацію про поточний стан і розрахункову орбіту всіх супутників. Отримавши інформацію від одного супутника, дає можливість звужити сектори пошуку сигналів інших супутників [14].

1.3. Опис існуючих пристроїв позиціювання

У наш час існує безліч GPS-трекерів, кожен з яких має різні характеристики, тому цей пристрій потрібно обирати за такими критеріями:

- Розмір;
- Точність позиціювання та чутливість;
- Споживання струму;
- Робота від автономного джерела живлення;
- Герметичність.
- Ціна

Розмір трекера цілком залежить від сфери його використання: слідкування за автомобілем або пересування мобільного персоналу. Точність позиціювання та чутливість зазвичай чим вища, тим краще, але прямо пропорційна ціні. Споживання струму також важливо враховувати, оскільки трекер може працювати від акумулятора автомобіля або батарейки, звідси і впливає наступний критерій. Герметичність або пиле-волого захищеність пристрою дає змогу використовувати пристрій у екстремальних умовах або вмонтувати пристрій під колесо автомобіля.

1.3.1. GPS-трекер iBag "Dakar"

Автомобільний GPS-трекер iBag "Dakar" [https://mircaraudio.com.ua/p733010569-gps-treker-ibag.html], що зображений на рисунку 3.1.

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк. 27
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Табл. 1.6 Характеристики трекера

Технічні характеристики	
Напруга живлення	Власна
Ємність акумулятора	17600 mAh
Час роботи від батареї	До 3-х років
Онлайн моніторинг	Присутній
Стандарт навігації	GPS + ГЛОНАСС, QuecCell
Технічні характеристики	
Кількість каналів GPS	33
Похибка визначення координат	До 10 м
Габаритні розміри	110x80x29 мм



Рис.1.8 Автомобільний GPS-трекер iBag "Dakar"

1.3.2. GPS-трекер eQuGPS Track Slim

GPS-трекер eQuGPS Track Slim

[https://equgps.com/catalog/trekery_dlya_transporta/gps_tracker_equgps_track_slim_s_akb/] , що зображено на рисунку 1.12, має наступні характеристики:

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк. 28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Табл. 1.7 Характеристики трекера

Технічні характеристики	
Напруга живлення	6-78 В
Ємність акумулятора	400 mAh
Час роботи від батареї	4-12 год
Онлайн моніторинг	Присутній
Стандарт навігації	GPS
Кількість каналів GPS	22
Похибка визначення координат	До 10 м
Габаритні розміри	78x26x15 мм



Рис.1.9 Зображення GPS-трекера eQuGPS Track Slim

1.3.3. GPS-трекер Teltonika TMT2

Персональний трекер Teltonika TMT250

[<https://teltonika.lt/ru/product/tmt250/#features>], що зображено на рисунку 1.13, має наступні характеристики:

Табл. 1.8 Характеристики трекера

Технічні характеристики	
Напруга живлення	5 В
Ємність акумулятора	800 mAh
Час роботи від батареї	6-12 год
Онлайн моніторинг	Присутній

Технічні характеристики	
Стандарт навігації	GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU, SBAS, QZSS, DGPS
Похибка визначення координат	До 10 м
Габаритні розміри	44 x 43 x 20 мм



Рис.1.10 Зображення Teltonika TMT250

1.3.4. GPS-трекер BITREK BI 310 CICADA

Охоронний трекер BITREK BI 310 CICADA [<https://gps-life.com/shop/gps-trekery-majaki/avtonomnyj-gps-majak-bi-310-cicada/>] має наступні характеристики:

Табл. 1.9 Характеристики трекера

Технічні характеристики	
Напруга живлення	Власна
Ємність акумулятора	3200mAh
Час роботи від батареї	До 4-х років
Онлайн моніторинг	Присутній
Стандарт навігації	GPS
Кількість каналів GPS	33

					ПГ 5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики	
Похибка визначення координат	До 10 м
Габаритні розміри	55 x 70 x 22 мм



Рис.1.11 Зображення трекера BITREK BI 310 CICADA

Отже, зрозуміло, що кожен пристрій має різні характеристики та призначення. І може по різному використовуватися в залежності від тих задач, які вимагає власник.

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. СТВОРЕННЯ МАКЕТУ GPS-ТРЕКЕРА

2.1 Вибір апаратної частини

2.1.1. Вибір мікроконтролера

Компоненти проекту було обрано у відповідності до вимог проекту. Головними критеріями є: компактність, час автономної роботи пристрою, можливість вдосконалення, відносно невеликі габаритні розміри.

Табл. 2.1 Характеристики Arduino Uno, Mega, Nano

	Arduino Uno	Arduino Mega	Arduino Nano
Мікроконтролер	ATmega328	ATmega2560	ATmega328
Напруга живлення	5 В	5 В	5 В
Вхідна напруга	7-12 В	7-12 В	7-12 В
Цифрові виводи	14 (6 з яких можна використовувати як ШІМ)	54 (15 з яких можна використовувати як ШІМ)	14 (6 з яких можна використовувати як ШІМ)
Аналогові виводи	6	16	8
Постійний струм вхід/вихід	40 мА	40 мА	40 мА
Постійний струм для виводу 3.3 В	50 мА	50 мА	50 мА
Флеш-пам'ять	32 Кб	256 Кб	32 Кб
ОЗУ	2 Кб	8 Кб	2 Кб
EEPROM	1 Кб	4 Кб	1 Кб
Тактова частота	16 МГц	16 МГц	16 МГц
Габарити	68 на 53 мм	101 на 53 мм	16 на 42 мм

Аналізуючи таблицю 2.1 та критерії пристрою було обрано Arduino nano з чіпом ATmega328P, оскільки ця плата має найменші габаритні розміри та достатній функціонал для реалізації проекту..

Arduino nano ATmega328P має наступні характеристики:

Перед тим, як приступати до роботи потрібно підпаяти гребінку до плати. Спочатку було зафіксовано плату у пластикових тисках, щоб не пошкодити, а потім було підпаяно кожен ніжку гребінки до плати задля умови швидкого переналаджування та вдосконалення проекту. Дана плата показана на рисунку 2.1:

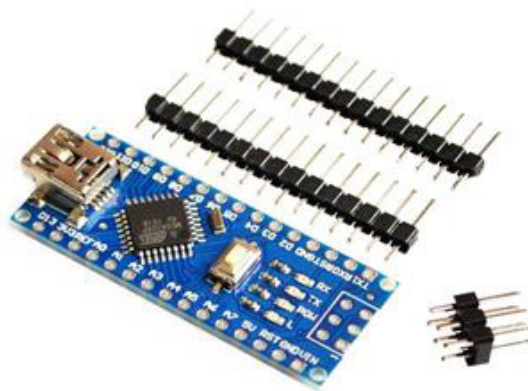


Рис. 2.1 Arduino nano ATmega328P

2.1.2 Вибір GPS- модуля

Для реалізації даного проекту було обрано модулі від компанії Ublox Neo 6m та Neo 7m, що показано на рисунках 2.2 та 2.3 відповідно мають наступні характеристики:



Рис.2.2 Ublox Neo 6m

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		33

Табл. 2.2 Характеристики GPS модулів нео 6m та 7m

	Neo 6m	Neo 7m
Напруга живлення	3-5 В	3-5 В
Чіп	Neo 6m	Neo 6m
Антенa	Керамічна	Керамічна
Підтримка ГНСС	GPS, ГЛОНАСС	GPS, ГЛОНАСС
Інтерфейс	UART, USB, SPI, I2C	UART, USB, SPI, I2C
Швидкість передачі даних за замовчуванням	9600 б/с	9600 б/с
Швидкість оновлення	5 Гц	10 Гц
Габаритні розміри	30 x 23 мм	25x25 мм



Рис.2.3 Ublox Neo 7m

Головною перевагою цих модулів є те, що вони підтримують основні на даний момент глобальні навігаційні системи: GPS та Глонасс.

2.1.2. Вибір живлення приладу

Плата Arduino nano з чіпом ATmega328P потребує напругу живлення 5 В. Готовим рішення було живлення приладу від універсального портативного акумулятора, що має USB порт з вихідною напругою 5 В.

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для самостійної реалізації блоку живлення, було обрано такі компоненти:

- Акумулятор Samsung 18650;
- Зарядка та захист літійових акумуляторів TP4056;
- Підвищуючий перетворювач з 3.7 В у 5 В.

Акумулятор, що показано на рисунку 2.4, було обрано за його ємність - 2500 mAh та компактні розміри: висота 65.1 мм, діаметр- 18.2 мм. Максимальна та мінімальна напруги 4.2 В і 2.5 В відповідно.



Рис.2.4 Акумулятор Samsung 18650

Для захисту та зарядки батареї було обрано модуль TP4056, що показано на рисунку 2.5.

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

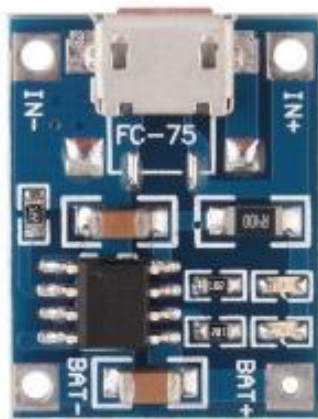


Рис.2.5 Мікросхема зарядки TP4056

Цей лінійної зарядний пристрій, дозволяє заряджати LiPo акумулятор за допомогою мікро USB роз'єму 4.5 В-5.5 В. Має два світлодіоди для індикації стану зарядженості акумулятора. Має наступні технічні характеристики, що приведено у таблиці 2.3.

Табл.2.3 Характеристики TP4056

Технічні характеристики	
Вхідна напруга	4.5 В-5.5 В
Напруга заряду	4.2 В
Зарядка точності	1.5 %
Розміри	22 мм на 16 мм
Вага	3 г

Червоний колір світлодіода: відбувається зарядка. Зелений колір світлодіода: повністю заряджено;

Для отримання напруги живлення 5 В потрібно застосувати підвищуючий конвертер постійного струму MT3608, що показано на рисунку 2.6.



Рис.2.6 Підвищуючий конвертер постійного струму MT3608

На вхід конвертора подається напруга з акумулятора, а на виході отримуємо бажану напругу живлення для Arduino nano, шляхом регулювання змінного опору.

Для виводу інформації, що будемо отримано з GPS-модуля було обрано екран, що показано на рисунку 2.7 з наступними характеристиками:

Табл. 2.4 Характеристики ЖК дисплею

Технічні характеристики	
Інтерфейс	HD44780 сумісний
Напруга живлення	5 В
Розміри екрану	64 x 15 мм
Екран	рідкокристалічний дисплей з синім підсвічуванням
Дисплей	2 рядки по 16 символів
Підтримка латиниці	з установкою додаткових бібліотек

Технічні характеристики	
Габарити	79,9 x 36 x 11 мм
Вага	31 г

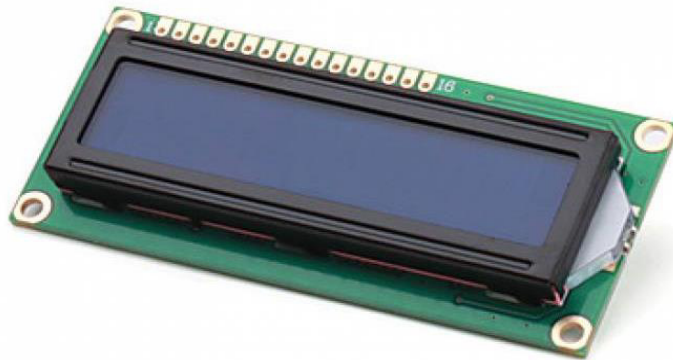


Рис.2.7 ЖК дисплей 1602

Вивід інформації на дисплей буде проводитися за допомогою і2с інтерфейсу. Для цього було обрано модуль і2с для LCD 1602, що показано на рисунку 2.8.

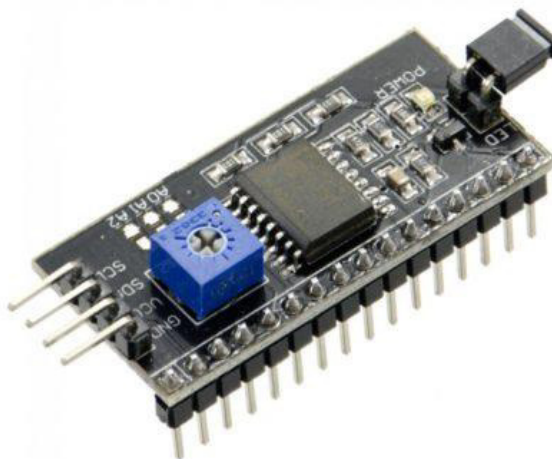


Рис. 2.8 Модуль і2с для LCD 1602

2.2 Збірка модулів

2.2.1. Віртуальна схема пристрою

Першим етапом побудови пристрою було створення принципової схеми приладу за допомогою програмного забезпечення Fritzing, інтерфейс якого показано на рисунку 2.9.

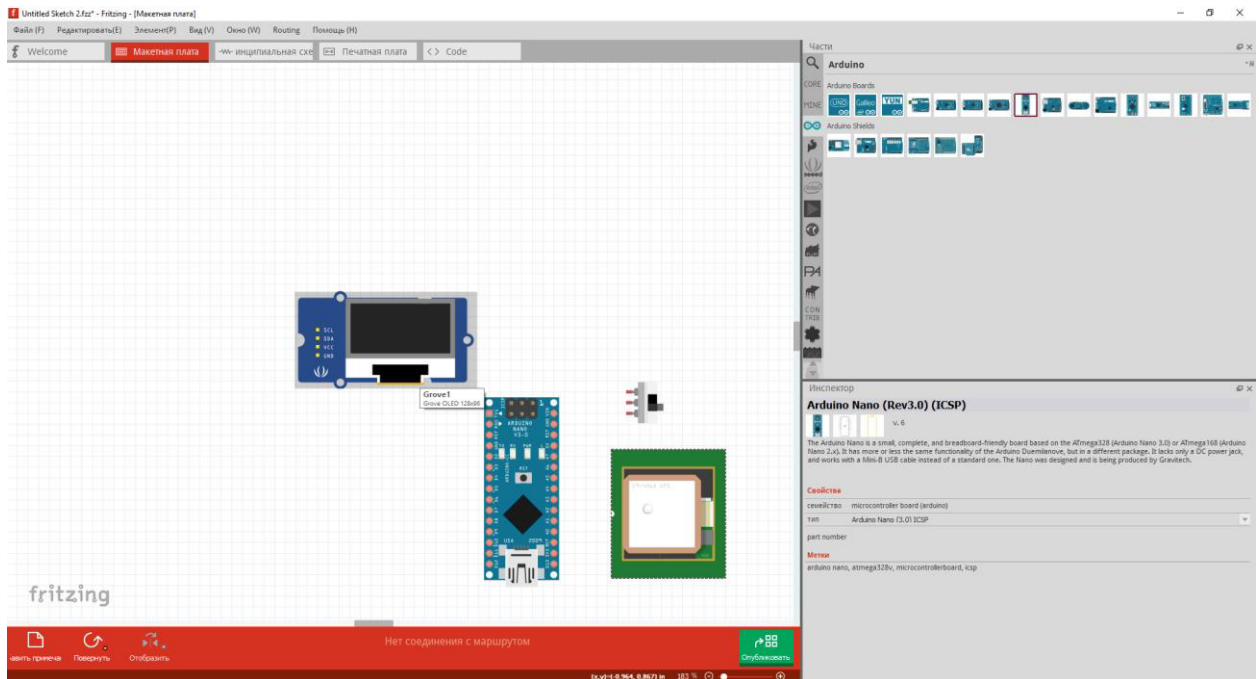


Рис.2.9 Інтерфейс програмного забезпечення Fritzing

Після знаходження компонентів було проведено підключення усіх модулів, як показано на рисунку 2.10. У процесі збірки акумулятор, що показано на рисунку 2.10 було замінено на його аналог з більшою ємністю - Samsung 18650.

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

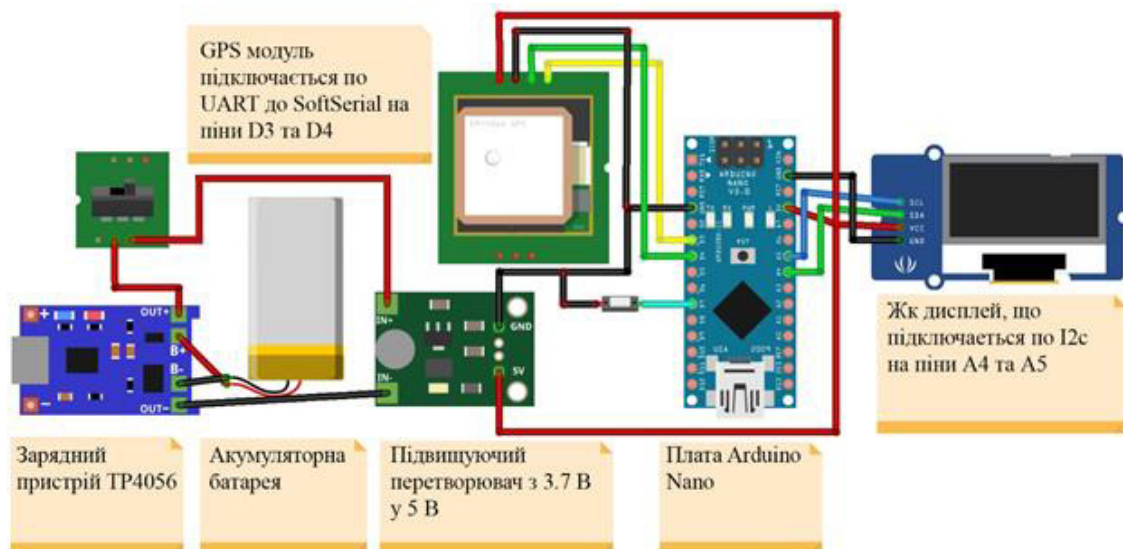


Рис.2.10 Принципова схема приладу

2.2.2. Підключення GPS- модуля

Навігаційні модулі Ublox neo 6m та Ublox neo 7m мають однакові схеми підключення. Як показано на рисунках 2.2 та 2.3 GPS-модулів є чотири виводи:

- VCC – живлення або плюс;
- GND – земля або мінус;
- RX – вивід, що використовується для отримання даних;
- TX – вивід, що використовується для передачі даних.

Обидва модулі сприймають напругу живлення від 3.3 В до 5 В. Тому вивід VCC підключаємо до ніжки 5V на платі, а вивід GND модуля на відповідну ніжку GND на платі. Виводи RX та TX відповідно підключаємо на ніжки D3 та D4. Результат показано на рисунку 2.12.

2.2.3. Підключення дисплею

На рисунку 2.10 показано дисплей з вмонтованим I2c модулем і має чотири виводи, а в реальному приладі використовується екран, що показано на рисунку 2.7, який має шістнадцять контактів, які приведено на рисунку 2.11.

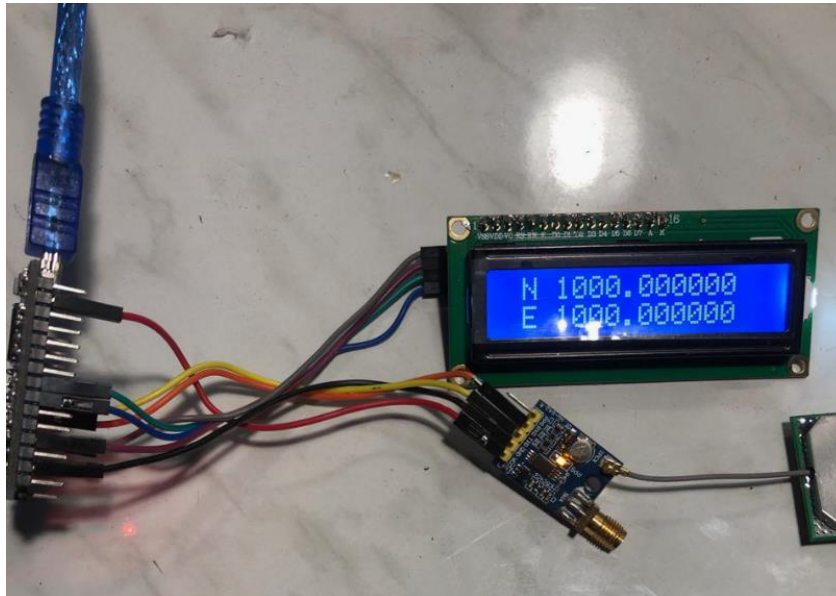


Рис.2.11 Виводи дисплею 1602

Для більш зручної роботи з даним екраном було використано модуль i2c для LCD 1602, що було припаяно до виводів 1-16. Модуль-перехідник має чотири виводи:

- VCC – живлення або плюс;
- GND – земля або мінус;
- SDA – шина послідовних даних;
- SCL – шина тактування.

Інтерфейс використовує для передачі даних дві двонаправлені лінії зв'язку SDA та SCL. Живлення 5 В підключається на відповідну ніжку 5V на платі Arduino nano, а вивід GND модуля i2c на відповідну ніжку GND на платі. Лінії зв'язку SDA та SCL підключаються на ніжки A4 та A5 відповідно. Результат показано на рисунку 2.12.

Рис. 2.12 Результат підключення LCD дисплею та GPS-модуля

2.2.4. Автономне живлення трекера

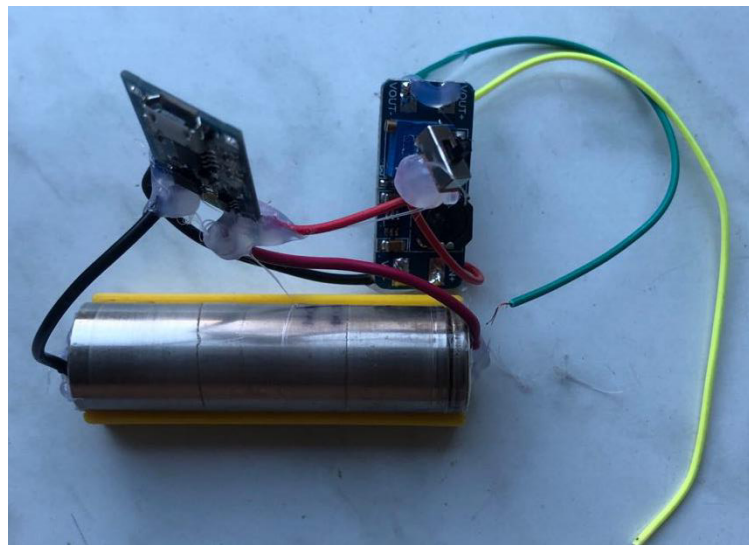
Для реалізації блоку живлення було використано: акумулятор Samsung 18650, зарядка та захист літійових акумуляторів TP4056, підвищуючий перетворювач з 3.7 В у 5 В, характеристики яких приведено у 2.1.2.

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк. 41
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Контакти модуля TP4056 B+ та B- було припаяно до плюса та мінуса акумулятора 18650 відповідно. Вивід OUT+ через кнопку припаюється до контакту IN+, а вивід OUT- було припаяно до виводу IN+ підвищуючого перетворювача. На виході перетворювального модуля напруга буде рівною 5 В. Результат приведено на рисунку 2.13. Усі припаяні контакти було додатково за ізолювано термостиком.

Рис. 2.13 Блок компонентів живлення трекера

Останнім кроком було з'єднано контакти 5V та GND до відповідних



контактів на платі. Апаратна частина пристрою повністю підключена та показана на рисунку 2.14. Інформація, що виводиться на екран описана у 2.3.

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

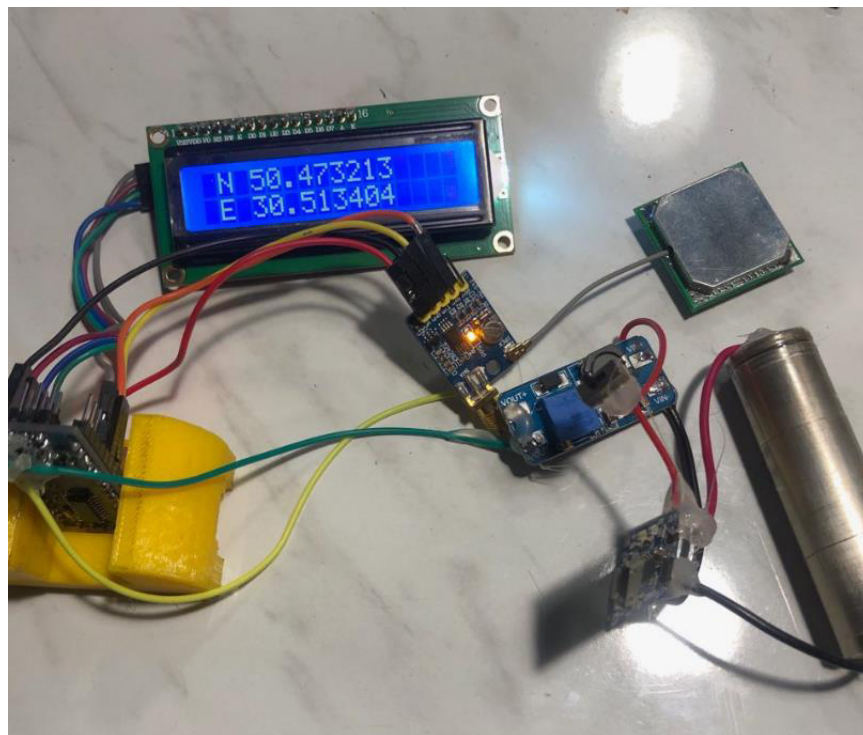


Рис.2.14 Пристрій трекера без корпусу

2.3 Програмування мікроконтролера

2.3.1. Бібліотеки для роботи з модулями

Програмування мікроконтролера ATmega328, що встановлено на плату Arduino nano проводилося у програмному середовищі Arduino IDE 1.6.3. Для побудови коду необхідно підключити наступні бібліотеки:

- SoftwareSerial.h;
- Wire.h;
- LiquidCrystal_I2C.h;
- TinyGPS.h.

Синтаксис підключення бібліотек показано на рисунку 2.15.

SoftwareSerial – бібліотека дозволяє налаштувати декілька послідовних портів, які працюють на швидкості до 115200 біт/с. У об'єкта SoftwareSerial є спеціальний параметр, що дозволяє інвертувати входні сигнали - деякі пристрої вимагають саме такого протоколу передачі даних.

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Wire - бібліотека дозволяє взаємодіяти з I2C / TWI пристроями. На платах Arduino з компонуванням SDA (лінія даних) і SCL (лінія тактового сигналу).

LiquidCrystal_I2C – бібліотека дозволяє працювати з LCD дисплеями.

TinyGPS – бібліотека для роботи з GPS модулями.

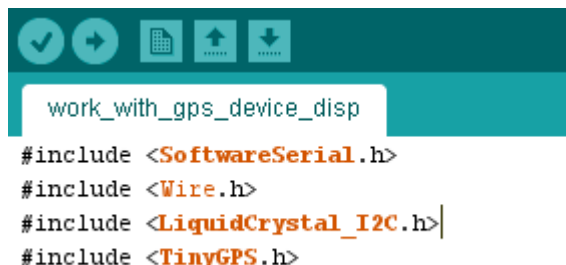


Рис. 2.15 Синтаксис підключення бібліотек

2.3.2. Отримання даних з пристрою

Основною частиною коду є отримання даних з GPS-модуля та відображення інформації на екран [додаток коду]. Перед завантаження коду у мікроконтролер у середовищі ардуіно було обрано плату, мікроконтролер та **COM** port для коректної роботи. При підключенні трекера до комп'ютера через miniUSB, що встановлено на платі Arduino nano було завантажено прошивку. Це дає змогу отримати більшу повну інформацію, оскільки на дисплей трекера виводиться тільки інформація про координати місцезнаходження.

На рисунку 2.16 показано частину коду яка виводить інформацію у монітор порту.

```

void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  Serial.print("Testing TinyGPS library v. "); Serial.println(TinyGPS::library_version());
  Serial.println();
  Serial.println("Sats HDOP Latitude Longitude Fix Date Time Date Alt Course Speed Card Distance Course Card Chars Sentences Checksum");
  Serial.println("          (deg)      (deg)      Age           Age (m)   --- from GPS ---   --- to London ---  RX   RX   Fail");
  Serial.println("-----");
  
```

Рис. 2.16 Частина коду

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після встановлення зв'язку з супутниками у монітор порта починає виводитись інформація про координати місцезнаходження, дату, час, швидкість та відстань до Лондону. Результат підключення трекера до ПК показано на рисунку 2.17.

Sats	HDOP	Latitude (deg)	Longitude (deg)	Fix	Date	Time	Date	Alt (m)	Course	Speed	Card	Distance to London	Course	Card	Chars	Sentences	Checksum	Fail
4	170	50.472934	30.513057	727	06/01/2019	09:40:45	745	238.90	0.00	1.09	N	2132	285.02	WNW	63	0	0	
4	170	50.472934	30.513078	844	06/01/2019	09:40:46	862	236.80	0.00	1.17	N	2132	285.02	WNW	509	2	0	
4	170	50.472934	30.513147	358	06/01/2019	09:40:48	376	231.30	0.00	0.61	N	2132	285.02	WNW	1046	5	0	
4	170	50.472938	30.513151	473	06/01/2019	09:40:49	490	229.40	0.00	0.33	N	2132	285.02	WNW	1550	8	0	
4	169	50.472934	30.513156	589	06/01/2019	09:40:50	607	229.80	0.00	0.44	N	2132	285.02	WNW	2020	10	0	
4	169	50.472930	30.513151	701	06/01/2019	09:40:51	719	230.50	0.00	0.17	N	2132	285.02	WNW	2482	12	0	
5	160	50.472919	30.513153	821	06/01/2019	09:40:52	839	227.50	0.00	0.20	N	2132	285.02	WNW	2902	14	0	
5	160	50.472915	30.513160	455	06/01/2019	09:40:54	476	226.50	0.00	0.13	N	2132	285.02	WNW	3357	16	0	
5	160	50.472915	30.513170	460	06/01/2019	09:40:55	478	225.20	0.00	0.28	N	2132	285.02	WNW	3932	19	1	
5	160	50.472919	30.513179	576	06/01/2019	09:40:56	594	223.60	0.00	0.30	N	2132	285.02	WNW	4380	21	1	
5	160	50.472919	30.513187	690	06/01/2019	09:40:57	709	223.40	0.00	0.06	N	2132	285.02	WNW	4802	23	1	
5	160	50.472919	30.513191	812	06/01/2019	09:40:58	830	222.60	0.00	0.59	N	2132	285.02	WNW	5250	25	1	
5	160	50.472923	30.513200	21	06/01/2019	09:41:00	469	221.30	0.00	0.41	N	2132	285.02	WNW	5722	27	1	
5	160	50.472927	30.513202	449	06/01/2019	09:41:01	466	220.40	0.00	0.24	N	2132	285.02	WNW	6296	30	2	
5	160	50.472923	30.513214	564	06/01/2019	09:41:02	583	218.40	0.00	1.17	N	2132	285.02	WNW	6794	32	2	
5	160	50.472927	30.513216	679	06/01/2019	09:41:03	697	218.40	0.00	0.35	N	2132	285.02	WNW	7292	34	2	
5	160	50.472927	30.513223	798	06/01/2019	09:41:04	817	216.80	0.00	0.52	N	2132	285.02	WNW	7798	36	2	
5	160	50.472934	30.513242	28	06/01/2019	09:41:06	474	216.20	0.00	1.22	N	2132	285.02	WNW	8262	38	2	
5	160	50.472938	30.513256	461	06/01/2019	09:41:07	479	213.20	0.00	0.24	N	2132	285.02	WNW	8838	41	3	
5	160	50.472938	30.513267	579	06/01/2019	09:41:08	597	211.10	0.00	0.13	N	2132	285.02	WNW	9308	43	3	
5	160	50.472942	30.513284	691	06/01/2019	09:41:07	710	209.10	0.00	1.48	N	2132	285.02	WNW	9778	45	3	
5	160	50.472942	30.513286	806	06/01/2019	09:41:08	823	209.20	0.00	1.94	N	2132	285.02	WNW	10232	47	3	
5	160	50.472942	30.513296	30	06/01/2019	09:41:10	476	208.40	0.00	0.70	N	2132	285.02	WNW	10704	49	3	
5	160	50.472942	30.513301	458	06/01/2019	09:41:11	475	206.20	0.00	0.35	N	2132	285.02	WNW	11296	52	4	
5	160	50.472942	30.513307	572	06/01/2019	09:41:12	590	204.60	0.00	0.13	N	2132	285.02	WNW	11794	54	4	
5	160	50.472942	30.513313	698	06/01/2019	09:41:13	706	203.80	0.00	0.11	N	2132	285.02	WNW	12242	56	4	
5	160	50.472938	30.513313	814	06/01/2019	09:41:14	831	203.70	0.00	0.13	N	2132	285.02	WNW	12664	58	4	
5	160	50.472938	30.513315	4	06/01/2019	09:41:16	452	203.60	0.00	0.50	N	2132	285.02	WNW	13128	60	4	
5	160	50.472938	30.513315	434	06/01/2019	09:41:17	453	203.90	0.00	0.31	N	2132	285.02	WNW	13687	63	4	

Рис.2.17 Інформація, що виводиться у монітор порту

Після отримання координат, їх було внесено у сервіс онлайн мап Google maps та отримано місцезнаходження, результат показано на рисунку 2.18.

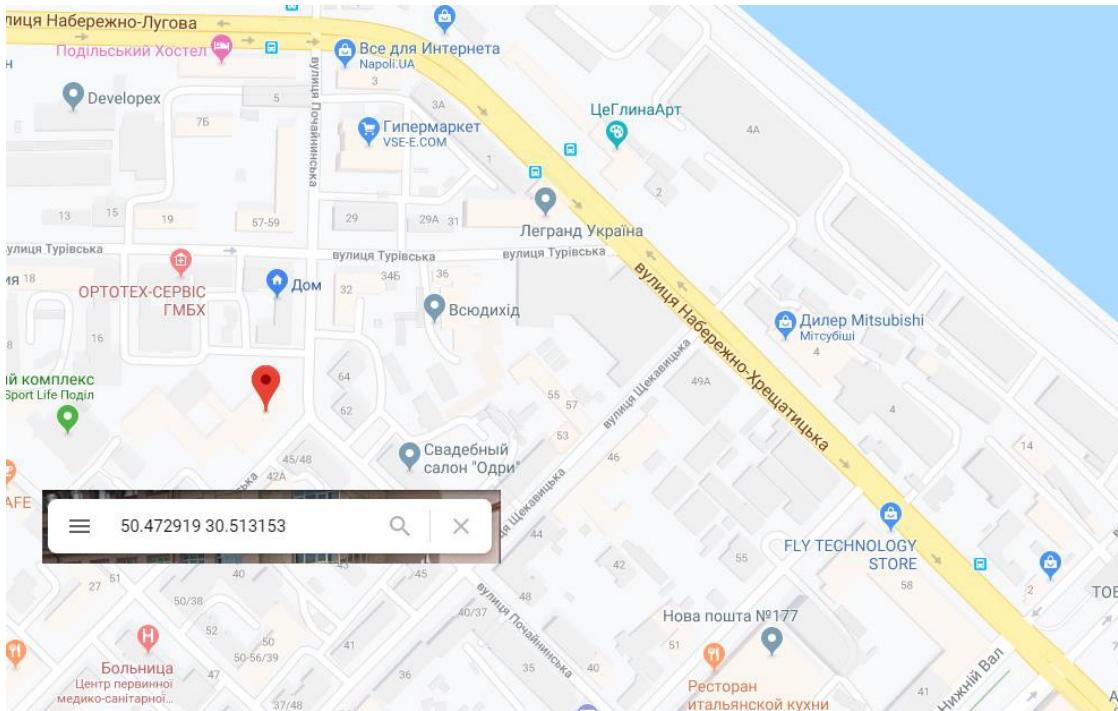


Рис. 2.18 Місцезнаходження трекера на мапі

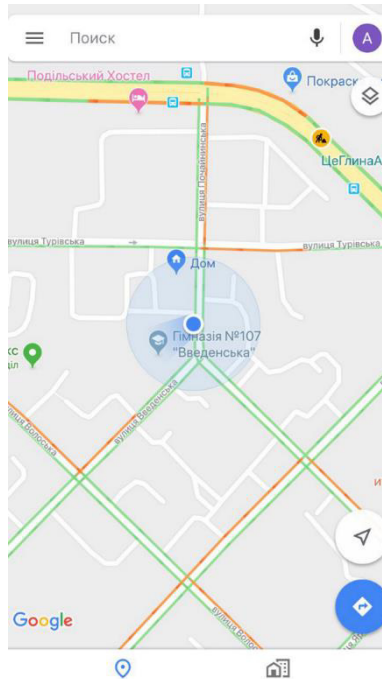


Рис. 2.19 Місцезнаходження GPS-модуля мобільного телефону

Для перевірки правильності отримання даних, було визначено координати за допомогою мобільного телефону, який має вбудований GPS-модуль, рисунок 2.19. Порівнюючи отримані дані, можна зробити висновок, що побудований пристрій працює правильно та досить точно позиціює місцезнаходження об'єкту.

2.4 Корпусу трекера

2.4.1 Розробка корпусу пристрою

Корпус приладу було розроблено та спроектовано у програмному середовищі SolidWorks 2015. Програмний комплекс САПР для автоматизації робіт промислового підприємства на етапах конструкторської та технологічної підготовки виробництва. Забезпечує розробку виробів будь-якого ступеня складності і призначення [<https://www.solidworks.com/ru>].

Габаритні розміри було обрано відповідно до розмірів модулів, що описано у 2.1. Креслення корпусу та кришки приведено у додатках.

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3Д-модель корпусу та кришки показано на рисунках 2.20 та 2.21 відповідно.

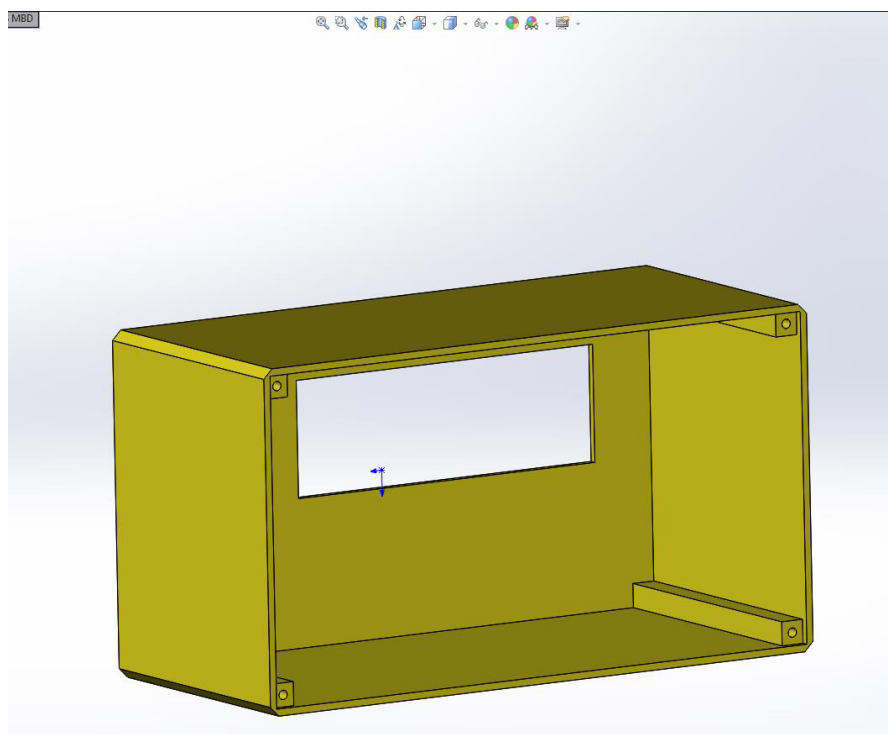


Рис. 2.20 3Д-модель корпусу приладу

Отвори під кріплення, що розташовані на стійках жорсткості корпусу було зроблено під болти М2 з кроком різьби 0.4 мм. Кришка показана сірим кольором на рисунку 2.21 та має фаски у отворах для приховування голівок болтів.

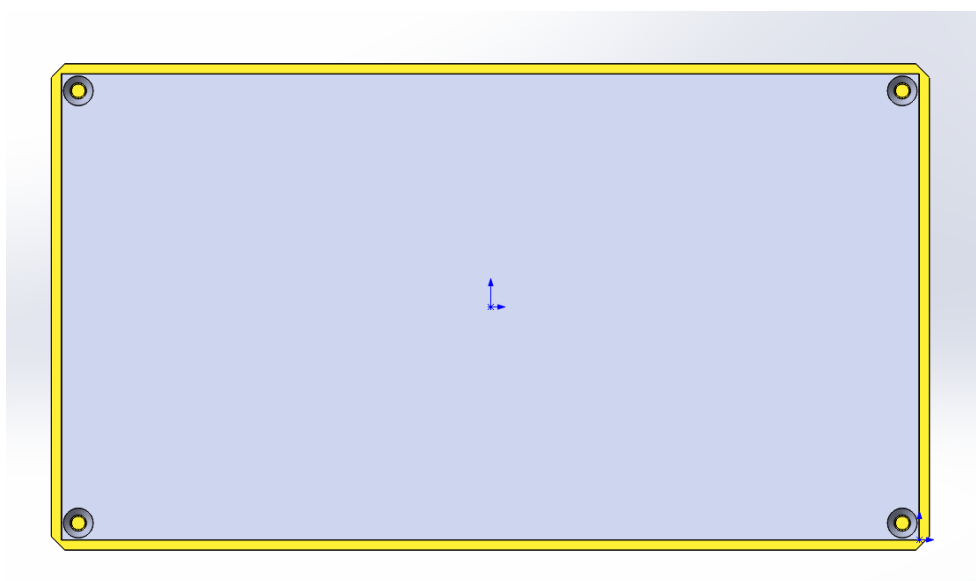


Рис.2.21 Збірка корпусу вид ззаду

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		47

2.4.2. 3Д-друк корпусу пристрою

Корпус приладу було виготовлено за допомогою 3д-принтера Anycubic kossel mini, що показано на рисунку 2.22. Принтер має наступні характеристики:

Табл. 2.5 Характеристики Anycubic Kossel mini

Технічні характеристики	
Технологія друку	FDM
Область друку	180 × 180 × 300 мм (круглий стіл друку)
Товщина шарів друку	0,1 - 0,4 мм
Точність позиціонування	вісь Z - 0,0025 мм, осі XY - 0,0125 мм
Рекомендована швидкість друку	20-60 мм / с
Діаметр завантажується пластика	1,75 мм;
Підтримка моделей з програм	Autocad, Solidworks, Kompas, 3Dmax, Archicad, Zbruch, Cinema4D, Scatchup
Кількість екструдерів	1 шт
Тип екструдера	MK8
Робоча температура екструдера	190 - 260 ° C
Діаметр сопла екструдера	0,4 мм (можлива заміна на 0,2 і 0,3 мм)
Температура платформи	до 100 ° C
Підтримка карт	USB, SD-card
Витратні матеріали	пластик ABS, coPET, PLA, ABS +, HIPS, Elasthan D100
Підтримуваний тип файлів	.stl, .obj, .gcode, .amf
Вхідна напруга	95 ... 230 В, 50 ... 60 Гц
Потужність	220 Вт
Вага	8 кг



Рис. 2.22 Зображення Anycubic kossel mini

Після підготовки 3д-моделі збірки корпусу у формат файлу .STL, його було завантажено у програмне забезпечення Ultimaker Cura 3.6.0. Cura – це програма-слайсер, що дозволяє підключити 3д-принтер та після налаштування надрукувати реальну модель. Принципом роботи програми-слайсера є розбиття моделі на шари та побудову траєкторії руху екструдера принтера для укладки шарів.

Матеріалом для друку було обрано PLA пластик жовтого кольору. Рекомендована температура сопла 210-215 градусів, стіл принтера 35-50 градусів.

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк. 49
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

На рисунку 2.23 показано основні налаштування для 3д друку. Для формування корпусу з PLA пластика було обрано 100% заповнення заготовки, температуру сопла принтера 210°, а температуру стола з підігрівом 50°. Швидкість друкування було обрано максимально великою – 60 мм/с, це можна допустити у тому разі, якщо модель не має складних форм, а укладка шарів буде робитися по замкненому контуру. Для запобігання порожнин та недодруків при максимальній швидкості було встановлено переєкструзію у 110%.

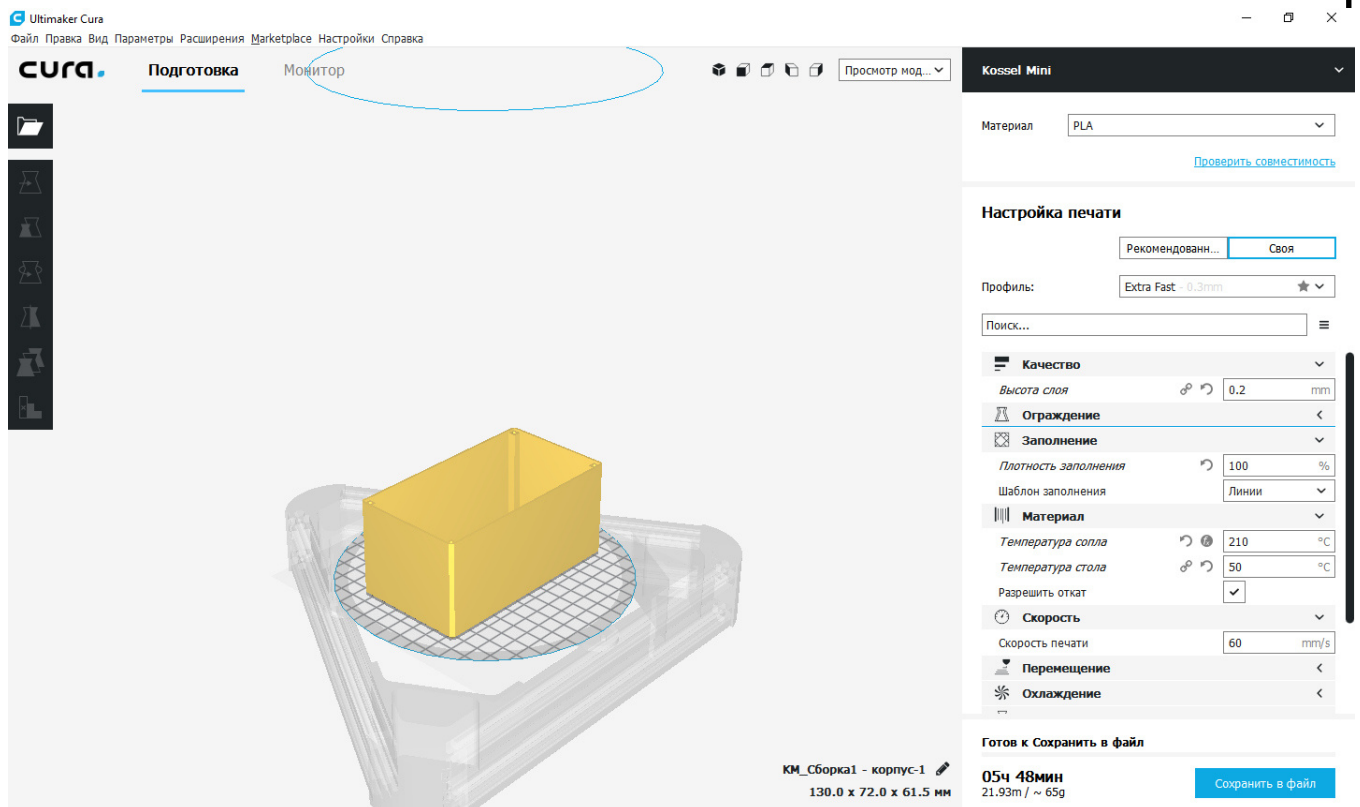


Рис.2.23 Інтерфейс та головні налаштування слайсера

Висоту укладки шару було обрано 0.2 мм, при цьому приблизний час друку становить 5 годин 48 хвилин. Якщо встановити максимально можливу якість, що дозволяє даний принтер, то час друку буде становити 11 годин 20

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк. 50
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

хвилин, що показано на рисунку 2.24. Немає необхідності робити корпус максимальної якості, оскільки це не впливає на роботу приладу.

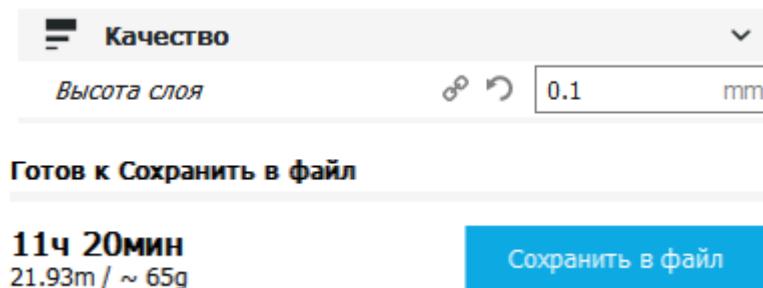


Рис. 2.24 Приблизний час друку при максимальній якості

Вага пластику, що було витрачена на виготовлення корпусу становить 65 грам. Аналогічним чином було надруковано кришку корпусу. Фрагмент роботи принтера показано на рисунку 2.25.



Рис. 2.25 Фрагмент роботи 3д-принтера

Після фінальної обробки готових моделей апаратну частину було поміщено в середину корпусу.

Задля більш раціонального розміщення компонентів в середині корпусу, було розроблено та надруковано 4 додаткових кріплення.

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк. 51
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Першим виробом став модуль для утримання акумулятора 18650, що показано на рисунку 2.26. Габарити та форму було обрано згідно розмірів, що описано у 2.1.2.

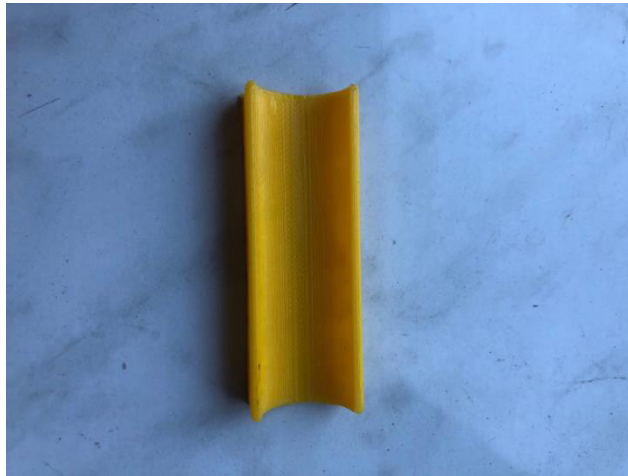


Рис. 2.26 Модуль для утримання акумулятора 18650



Рис. 2.27 Модуль для утримання керамічної антени

Другим модулем було розроблено секцію для утримання керамічної антени, що підключена до GPS-модуля, рисунок 2.27.

Третій та четвертий модулі слугують підтримкою для модуля GPS та зарядного модуля, що показано на рисунку 2.5.

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

2.5 Збірка трекера

2.5.1. Розміщення допоміжних модулів

Після виготовлення усіх додаткових модулів їх було розміщено усередині корпусу приладу. Для фіксування даних частин, їх було приклеєно до внутрішньої частини корпусу. Найкращим способом фіксування пластикових частин слугує сильний розчинник – дихлоретан. За допомогою своїх хімічних властивостей, рідина на короткий термін розчиняє верхній шар пластику, а після висихання міцно склеює пластикові елементи. Процес склеювання показано на рисунку 2.28.



Рис. 2.28 Процес склеювання пластикових модулів

2.5.2. Встановлення апаратної частини у корпус

Після підготовки корпусу для встановлення усіх елементів, їх було встановлено на відповідні місця та додатково зафіксовано термостиком для більшої надійності внутрішньої конструкції.

Першим етапом було встановлено дисплей. У заздалегідь підготовлені отвори було вмонтовано модулі, що мають бути доступні для підключення периферії, такої як провід для підзарядки акумулятора, miniUSB для змінення та завантаження нових версій прошивок. Також було закріплено вимикач, що

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

дає змогу вмикати та вимикати трекер. Останнім етапом було монтування керамічної антени GPS-модуля та самого модуля. Процес показано на рисунку 2.29.

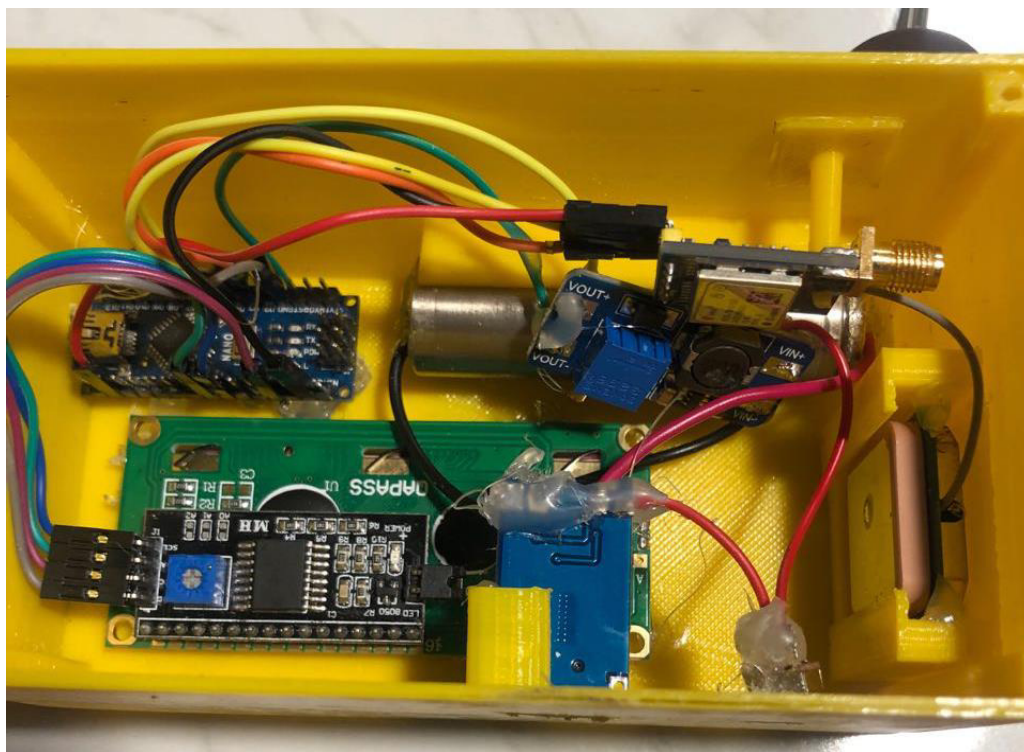


Рис. 2.29 Кінцеве розміщення компонентів та модулів пристрою

2.6 Випробування приладу

Випробування пристрою було проведено за наступним алгоритмом:

1. Активувати пристрій на місцевості із заздалегідь відомими координатами.
2. Встановити зв'язок із супутниками.
3. Отримати значення широти та довготи місця.
4. Порівняти з відомими координатами.
5. Повторити п. 1 - 4 десять разів.

Після прибуття на місце випробувань, пристрій було активовано та після очікування з'єднання GPS-модуля з супутниками було отримано координати місця розташування приладу, як зазначено у п. 1-2. Час з'єднання з

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк. 54
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

супутниками у режимі «холодного» старту сягає приблизно 1-2 хвилини, а при «гагачому» старті від декількох до десяти секунд.

Після отримання широти на довготи, їх було порівняно з відомими координатами, згідно п. 3 - 4. Дані, що було отримано з трекера відрізняються від відомих на декілька останніх символів. Отже, отримуємо похибку позиціювання у декілька метрів, що не є більшою ніж у серійних моделях трекерів. GPS-модуль, що встановлюється у мобільний телефон показав такий самий результат і похибка позиціювання близько пари метрів. Приклад виведення координат на дисплей показано на рисунку 2.30.



Рис. 2.30 Виведення координат на екран трекера

ВИСНОВКИ

У наш час питання навігації є досить актуальним. Навігаційні системи використовуються у всіх галузях промисловості, починаючи з моніторингу персоналу на підприємствах, координування транспортних засобів та літальних апаратів, закінчуючи військовою промисловістю. Глобальні навігаційні супутникові системи розвиваються, точність позиціонування підвищується, з'являються нові навігаційні системи. Технології пов'язані з навігацією все більше і більше популяризуються. Це призводить до росту попиту на пристрої та прилади, що можуть відстежувати, запам'ятовувати координати місця знаходження тих чи інших об'єктів. Кожного року спеціалізовані підприємства все більше виробляють різних приладів, що можуть вирішити питання навігації. Завдячуючи технологічному прогресу велика кількість споживачів має безліч готових рішень для вирішення тих чи інших питань пов'язаних з позиціонуванням об'єктів у просторі. Мініатюризація та технічні характеристики модулів з яких складається трекер дає змогу обрати саме такий прилад, яких буде найбільш вигідний для експлуатації. При необхідності можна обрати пристрій, який буде працювати до 4-х років від власної батареї без необхідності підзарядки або вмонтувати трекер, який буде працювати від штатного живлення автомобіля чи літака.

Підсумовуючи другий розділ, було доведено, розробка та конструювання GPS-трекера, що може відстежувати координати, визначати час та швидкість того об'єкту на який прилад буде встановлено можлива не тільки на спеціалізованому підприємстві, а й при відносно невеликому обсязі обладнання. Прототип, що було створено не поступається характеристиками тим приладам, що на разі є у вільному продажі. Створений пристрій має ряд недоліків, що у майбутньому підлягають удосконаленню. Габаритні розміри можливо зменшити до розмірів сірникової коробки, шляхом встановлення більш компактних компонентів та можливості реалізації виводу інформації на смартфон за допомогою Bluetooth модуля та мініатюризації акумулятора. У

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

майбутньому планується вдосконалення конструкції корпусу та більш тривалих випробувань для розкриття повного потенціалу технологій, що було використано при реалізації даного пристрою.

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. GPS – трекер [Електронний ресурс] // Що потрібно знати о GPS. – URL: <https://pod-parusom.livejournal.com/11702.html>.
2. Інформаційно – аналітичний центр координатного часу та навігаційного забезпечення [Електронний ресурс] // Про навігацію. – URL: <https://www.glonass-iac.ru/guide/>.
3. Технология глобальной спутниковой навигации: какие бывают системы, параметры и функции [Електронний ресурс] // Контрактная разработка и производство электроники. – URL: <https://habr.com/ru/company/promwad/blog/202722/>.
4. Технології визначення місцеположення користувачів мобільних мереж [Електронний ресурс] // – URL: http://zadereyko.info/moi_publicacii/tehnologii_opredeleniya_mestopolojeniya.htm
5. Системы локального позиционирования [Електронний ресурс] // Мир беспроводных решений. – URL: <http://www.wless.ru/technology/?tech=11>.
6. Волков А.Н., Сиверс М.А., Сухов В.А. Позиционирование в сетях Wi-Fi // Вестник связи. – 2010.
7. Богуренко П.А., Бурлаков М.Е. Обзор методов локального позиционирования объектов в wi-fi-сетях // Вестник ПНИПУ. – 2017.
8. An Improved Algorithm to Generate a Wi-Fi Fingerprint Database for Indoor Positioning / L. Chen, B. Li, K. Zhao, C. Rizos, Z. Zheng // Sensors. – 2013. DOI: 10.3390/s130811085.
9. Indoor Wi-Fi Positioning System for Android-based Smartphone / Beom-Ju Shin, Kwang-Won Lee, Sun-Ho Choi, Joo-Yeon Kim, Woo Jin Lee [и др.] // Department of Information and Communication Engineering. – 2010.

					ПГ 5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток 1

Лістинг коду прошивки

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
#include <TinyGPS.h>
```

```
TinyGPS gps;
```

```
SoftwareSerial ss(4, 3);
```

```
static void smartdelay(unsigned long ms);
```

```
static void print_float(float val, float invalid, int len, int prec);
```

```
static void print_int(unsigned long val, unsigned long invalid, int len);
```

```
static void print_date(TinyGPS &gps);
```

```
static void print_str(const char *str, int len);
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
    Serial.begin(9600);
```

```
    Serial.print("Testing TinyGPS library v. ");
```

```
    Serial.println(TinyGPS::library_version());
```

```
    Serial.println();
```

```
    Serial.println("Sats HDOP Latitude Longitude Fix Date    Time    Date  
Alt   Course Speed Card Distance Course Card Chars Sentences Checksum");
```

```
    Serial.println("          (deg)  (deg)  Age                Age (m)  ---  
from GPS ----  ---- to London ----  RX   RX      Fail");
```

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

Serial.println("-----");

ss.begin(9600);

lcd.begin();
lcd.backlight();

}

void loop()
{
    float flat, flon;
    unsigned long age, date, time, chars = 0;
    unsigned short sentences = 0, failed = 0;
    static const double LONDON_LAT = 51.508131, LONDON_LON = -
0.128002;

    lcd.clear();
    //lcd.print(gps.f_altitude());
    lcd.print(" N ");
    lcd.print(flat, 6);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(" E ");
    lcd.print(flon, 6);

    print_int(gps.satellites(), TinyGPS::GPS_INVALID_SATELLITES, 5);
    print_int(gps.hdop(), TinyGPS::GPS_INVALID_HDOP, 5);
    gps.f_get_position(&flat, &flon, &age);

```

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

print_float(flat, TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE, 10, 6);
print_float(flon, TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE, 11, 6);
print_int(age, TinyGPS::GPS_INVALID_AGE, 5);
print_date(gps);
print_float(gps.f_altitude(), TinyGPS::GPS_INVALID_F_ALTITUDE, 7,
2);

print_float(gps.f_course(), TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE, 7, 2);
print_float(gps.f_speed_kmph(), TinyGPS::GPS_INVALID_F_SPEED, 6,
2);

print_str(gps.f_course() == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ? "*** "
: TinyGPS::cardinal(gps.f_course()), 6);

print_int(flat == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ? 0xFFFFFFFF :
(unsigned long)TinyGPS::distance_between(flat, flon, LONDON_LAT,
LONDON_LON) / 1000, 0xFFFFFFFF, 9);

print_float(flat == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ?
TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE : TinyGPS::course_to(flat, flon,
LONDON_LAT, LONDON_LON), TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE, 7, 2);

print_str(flat == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ? "*** " :
TinyGPS::cardinal(TinyGPS::course_to(flat, flon, LONDON_LAT,
LONDON_LON)), 6);

gps.stats(&chars, &sentences, &failed);
print_int(chars, 0xFFFFFFFF, 6);
print_int(sentences, 0xFFFFFFFF, 10);
print_int(failed, 0xFFFFFFFF, 9);
Serial.println();

smartdelay(1000);
}

```

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

```

static void smartdelay(unsigned long ms)
{
    unsigned long start = millis();
    do
    {
        while (ss.available())
            gps.encode(ss.read());
    } while (millis() - start < ms);
}

static void print_float(float val, float invalid, int len, int prec)
{
    if (val == invalid)
    {
        while (len-- > 1)
            Serial.print('*');
        Serial.print(' ');
    }
    else
    {
        Serial.print(val, prec);
        int vi = abs((int)val);
        int flen = prec + (val < 0.0 ? 2 : 1); // . and -
        flen += vi >= 1000 ? 4 : vi >= 100 ? 3 : vi >= 10 ? 2 : 1;
        for (int i=flen; i<len; ++i)
            Serial.print(' ');
    }
    smartdelay(0);
}

```

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
}
```

```
static void print_int(unsigned long val, unsigned long invalid, int len)
```

```
{
```

```
    char sz[32];
```

```
    if (val == invalid)
```

```
        strcpy(sz, "*****");
```

```
    else
```

```
        sprintf(sz, "%ld", val);
```

```
    sz[len] = 0;
```

```
    for (int i=strlen(sz); i<len; ++i)
```

```
        sz[i] = ' ';
```

```
    if (len > 0)
```

```
        sz[len-1] = ' ';
```

```
    Serial.print(sz);
```

```
    smartdelay(0);
```

```
}
```

```
static void print_date(TinyGPS &gps)
```

```
{
```

```
    int year;
```

```
    byte month, day, hour, minute, second, hundredths;
```

```
    unsigned long age;
```

```
    gps.crack_datetime(&year, &month, &day, &hour, &minute, &second,  
&hundredths, &age);
```

```
    if (age == TinyGPS::GPS_INVALID_AGE)
```

```
        Serial.print("***** ");
```

```
    else
```

```
    {
```

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

char sz[32];
sprintf(sz, "%02d/%02d/%02d %02d:%02d:%02d ",
        month, day, year, hour, minute, second);
Serial.print(sz);
}
print_int(age, TinyGPS::GPS_INVALID_AGE, 5);
smartdelay(0);
}

```

```

static void print_str(const char *str, int len)
{
    int slen = strlen(str);
    for (int i=0; i<len; ++i)
        Serial.print(i<slen ? str[i] : ' ');
    smartdelay(0);
}

```

					ПГ5103.1730.001 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		